

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-191171

(43)Date of publication of application : 23.07.1996

(51)Int. Cl.

H01S 3/18

H01L 33/00

(21)Application number : 07-003033

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 12.01.1995

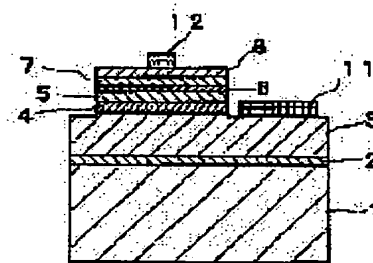
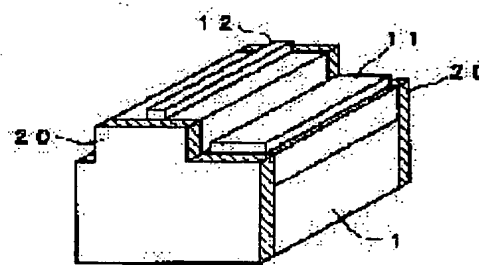
(72)Inventor : SENOO MASAYUKI
YAMADA TAKAO
NAKAMURA SHUJI

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To form a suitable optical resonance surface turning to a reflecting mirror, by forming a dielectric multilayered film having a reflection factor corresponding to oscillation wavelength on the nitride semiconductor surface turning to the optical resonance surface.

CONSTITUTION: A double heterostructure is formed by laminating a buffer layer 2 composed of GaN, an N-type contact layer 3, an N-type clad layer 4, a second N-type clad layer 5, an undoped active layer 6, a P-type clad layer 7, and a P-type contact layer 8 on the [0001] face of a sapphire substrate 1. A stripe type positive electrode 12 is formed on the surface of the P-type contact layer 8, and a negative electrode 11 is formed on the surface of the N-type contact layer 3. The respective ten layers of SiO₂ and TiO₂ are alternately laminated over the nitride semiconductor (In_xAl_yGa_{1-x-y}, 0 ≤ x, 0 ≤ y, x+y ≤ 1) surface and the sapphire substrate to form a dielectric multilayered film 20. The dielectric multilayered films 20 are formed on the facing surfaces of the nitride semiconductor layer, reflect the light emitted from the active layer, and act as perfect optical resonance surfaces.



LEGAL STATUS

| | |
|---|-------------|
| [Date of request for examination] | 06.02.1998 |
| [Date of sending the examiner's decision of rejection] | 02.10.2001 |
| [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] | |
| [Date of final disposal for application] | |
| [Patent number] | 3523700 |
| [Date of registration] | 20.02.2004 |
| [Number of appeal against examiner's decision of rejection] | 2001-019645 |
| [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] | 01.11.2001 |
| [Date of extinction of right] | |

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The nitride semiconductor laser component characterized by for a nitride semi-conductor ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$) being the laser component which comes to carry out a laminating, and forming dielectric multilayers on a substrate at least at one side of the optical resonance side of the laser component.

[Claim 2] The nitride semiconductor laser component according to claim 1 characterized by being the multilayers which carried out the laminating of at least two or more kinds of thin films chosen from the group which said dielectric multilayers by which the luminescence wavelength of said laser component is in the range which is 360nm - 460nm, and was further formed in the optical resonance side become from SiO_2 , TiO_2 , and ZrO_2 .

[Claim 3] It comes to carry out the laminating of said nitride semi-conductor to the front face of the [0001] sides of silicon on sapphire, and, for said optical resonance side, the silicon on sapphire is [Equation 1] further.

[1 1 0 0]

[Equation 2]

[1 0 1 0]

[Equation 3]

[0 1 1 0]

[Equation 4]

[1 1 0 0]

[Equation 5]

[1 0 1 0]

[Equation 6]

[0 1 1 0]

The nitride semiconductor laser component according to claim 1 or 2 characterized by being the nitride semi-conductor side broken by field bearing of either of the fields.

[Claim 4] Said optical resonance side is a nitride semiconductor laser component according to claim 1 or 2 characterized by being the end face of the nitride semi-conductor etched almost perpendicularly to the substrate.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the laser component which consists of a nitride semi-conductor ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x$, $0 \leq y$, $x+y \leq 1$).

[0002]

[Description of the Prior Art] The nitride semi-conductor had a band gap to 1.95eV - 6.0eV, and since it was the ingredient of a direct transition mold, it attracted attention conventionally as an ingredient of the semiconductor laser component to ultraviolet - red. blue LED of terrorism structure was put in practical use with the nitride semi-conductor to double recently — a degree — research of the blue laser component using the nitride semi-conductor as a target came to be done actively.

[0003] It is necessary to form an optical resonance side in a semi-conductor layer with a laser component. The semiconductor laser oscillated in the infrared region which consists of a compound semiconductor of the conventional GaAs system has cleavability on the property of a crystal, and the cleavage plane is made into the optical resonance side of a laser component.

[0004] On the other hand, the nitride semi-conductor does not have the property top cleavability of a crystal called hexagonal system. Therefore, when a laser component was produced with a nitride semi-conductor, since an optical resonance side was not made by using a cleavage plane as a reflecting mirror, it did not result to laser oscillation.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The short wavelength semiconductor laser of current, ultraviolet - green is checked only with a ZnSe system semi-conductor, but, as for the semiconductor laser, now, there are only several minutes lives. On the other hand, a nitride semi-conductor has high possibility that it realizes to LED of terrorism structure as mentioned above to double, and laser can be realized at an early stage as compared with ZnSe if this structure is used. Therefore, when this invention is made in view of such a situation, and the place made into the purpose forms the suitable optical resonance side which serves as a reflecting mirror first in realizing a laser component using a nitride semi-conductor, it is in offering the laser component whose laser oscillation becomes possible.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In realizing a nitride semiconductor laser component, by forming dielectric multilayers in the optical resonance side of a nitride semi-conductor layer where reflection factor sufficient in the former was not obtained further, and raising a reflection factor to it, we find out newly that laser oscillation may happen to a nitride semi-conductor layer, and came to accomplish this invention. That is, on a substrate, a nitride semi-conductor ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x$, $0 \leq y$, $x+y \leq 1$) is the laser component which comes to carry out a laminating, and the nitride semiconductor laser component of this invention is characterized by forming dielectric multilayers at least at one side of the optical resonance side of the laser component.

[0007] Dielectric multilayers can change a reflection factor by coming by turns to carry out the laminating of the inorganic material with which reflection factors differ mutually fundamentally, for example, carrying out a laminating by turns by the thickness of $\lambda/4n$ (λ : wavelength, n : refractive index). The class of each thin film of dielectric multilayers, thickness, etc. can be designed by choosing those inorganic materials suitably according to the wavelength of the laser component which it is going to oscillate. In the inorganic material, as a thin film material by the side of a high refractive index, for example, TiO_2 , ZrO_2 , HfO_2 , Sc_2O_3 , Y_2O_3 , MgO , At least one kind in aluminum 2O_3 , Si_3N_4 , and ThO_2 can be chosen. At least one kind in SiO_2 , ThF_4 , LaF_3 , MgF_2 , LiF , NaF , and Na_3AlF_6 can be chosen as a thin film material by the side of a low refractive index. The thin film material by the side of these quantities refractive index, Dielectric multilayers can be formed by combining suitably the thin film material by the side of a low refractive index, and carrying out dozens of several layers - layer laminating by the thickness of dozens of \AA - several micrometers according to the wavelength to oscillate.

[0008] Next, the second of this invention is characterized by being the multilayers which carried out the laminating of at least two or more kinds of thin films chosen from the group which said dielectric multilayers by which the luminescence wavelength of the laser component to which it comes to carry out the laminating of the nitride semi-conductor is in the range which is 360nm - 460nm, and was further formed on the substrate in the optical resonance side become from SiO_2 , TiO_2 , and ZrO_2 . That is, when the laser component oscillated to 360nm - 460nm with a nitride semi-conductor is realized, at least two or more kinds as which especially the dielectric multilayers formed in the optical resonance side were chosen from SiO_2 , TiO_2 , and ZrO_2 are most suitable. Because, said three kinds of oxides have little light absorption in 360nm - 460nm, and it sticks very well with a nitride semi-conductor, and does not separate. It is because it does not deteriorate

even if the long duration exposure of the light of said wavelength is furthermore carried out continuously, and it excels in the still more desirable thing very much to generation of heat of a laser component at thermal resistance.

[0009] Dielectric multilayers can be formed using gaseous-phase film production techniques, such as vacuum evaporation and a sputter. Moreover, after a laser component is immersed in the solvent containing the above-mentioned compound in addition to this (dipping), it is also possible to repeat and form actuation of drying. For example, when forming the dielectric multilayers which consist of SiO₂ and ZrO₂, SiO₂ and ZrO₂ are vapor-deposited. After forming with gaseous-phase film production techniques, such as a sputter, and also immersing a laser component in the solvent of the organometallic compound containing Si, After immersing a laser component and drying to the solvent of the organometallic compound which dries, bakes in an oxygen ambient atmosphere, considers as an oxide, and then contains Zr, dielectric multilayers can be produced by repeating the actuation which it bakes and is used as an oxide. However, it is better to use a gaseous-phase film production technique in respect of thickness control preferably.

[0010] The nitride semi-conductor structure which carries out a laminating on a substrate is [that what is necessary is just terrorism structure] realizable on a substrate to double with the structure which carried out the laminating of n mold contact layer, n mold cladding layer, a barrier layer, p mold cladding layer, and the p mold contact layer to order. Sapphire (C side, the Ath page, and the Rth page are also included.), SiC (4H and 6H are included.) and ZnO, GaAs, Si, etc. can be used for a substrate, and sapphire or SiC is used preferably. as n mold contact layer — duality, such as GaN and AlGaN, — what has the semi-conductor layer of mixed crystal or 3 yuan mixed crystal good [crystallinity] is obtained. If especially GaN, an electrode material and desirable OMIKKU will be obtained. However, for considering as n mold, donor impurities, such as Si, germanium, and S, are doped in a semi-conductor layer. The following n mold cladding layer has [that what is necessary is just a nitride semi-conductor with a larger band gap than a barrier layer] desirable AlGaN. If the following barrier layer considers as the n mold InGaN of a non dope, luminescence between bands near about 635nm — 365nm will be obtained. The n mold InGaN of crystallinity which made the mole ratio of an indium below one half to the gallium preferably is good, and the life of a laser component is long. The following p mold cladding layer has [that what is necessary is just the nitride semi-conductor same with n mold cladding layer with a larger band gap than a barrier layer] desirable AlGaN. Moreover, the acceptor impurity constituted from II group elements, such as Zn, Mg, and Cd, C (carbon), etc. by considering as p mold is doped in a semi-conductor layer. moreover, after a dope — further — low — annealing may be performed above 400 degrees C in order to make it p mold [****]. the following p mold contact layer — n mold contact layer — the same — duality, such as GaN and AlGaN, — what has the semi-conductor layer of mixed crystal or 3 yuan mixed crystal good [crystallinity] is obtained. If especially GaN, an electrode material and desirable OMIKKU will be obtained. In the structure of said laser component, it is still better also as the multilayers which carried out the three or more layer laminating of the barrier layer by dozens of A thickness, i.e., multiplex quantum well structure. although the mole ratio of the III group element of each class can be adjusted and 4 yuan can also be considered as the nitride semi-conductor of mixed crystal (InAlGaN), since lattice matching of the interface of each nitride semi-conductor layer is carried out further again — general — 3 yuan mixed crystal and duality — the direction of mixed crystal is excellent in crystallinity. Especially, preferably, while making thickness of a barrier layer thinner than 300Å Between the barrier layer and n mold cladding layer and/or between said barrier layer and p mold cladding layer If it comes from the interface of a barrier layer and a cladding layer, and it is distorted and is made to transform a barrier layer elastically by pinching the InGaN layer of n mold with a larger band gap than a barrier layer, or p mold, since the laser component of deformation amount child well structure will be realized, laser oscillation becomes still easier.

[0011] Next, the third of this invention and the fourth are explained. Since the nitride semi-conductor layer does not have cleavability as mentioned above, it is difficult to make a cleavage plane into an optical resonance side. However, it is perpendicular to **** and a condition which is close to a cleavage plane, i.e., a substrate side, and it is possible by forming the field near a mirror plane to consider as the condition near an optical resonance side. As one of them, the laser component of the third this invention Nitride semi-conductors are the [0001] sides (it is hereafter called C side.) of silicon on sapphire. It comes to carry out a laminating to a front face, and, for said optical resonance side, the silicon on sapphire is several 1, several 2, several 3, several 4, several 5, and the 6th [several] page (it says hereafter that the 1st [several] page — the 6th page of a number are the Mth page collectively.) further. It is the nitride semi-conductor side broken by inner one of field bearings, and is characterized by forming dielectric multilayers in the resonance side. That is, an optical resonance side which is close to a cleavage plane as much as possible is acquired by breaking by specific field bearing of a substrate the nitride semiconductor wafer by which the laminating was carried out so that it might become the structure of a laser component on the surface of silicon on sapphire. Since the nitride semi-conductor side broken with sapphire is not a perfect cleavage plane, there is much optical loss. Then, in order to make the nitride semi-conductor side into the perfect optical resonance side of optical loss which is not almost, dielectric multilayers are formed further.

[0012] The unit cell Fig. which expresses field bearing of a sapphire single crystal to drawing 1 is shown. The laminating of the nitride semi-conductor which constitutes the laser component of this invention is carried out to C side of silicon on sapphire as shown in this unit cell Fig., and orientation is carried out to C shaft orientations. Moreover, even if C side of silicon on sapphire is a C side which has an off angle in less than about **10 degrees from [0001] sides to say nothing of being completely in agreement with [0001] sides, it shall be contained in the range of this invention. The laser component of the 3rd this invention makes the parting plane of the nitride semi-conductor layer made when sapphire is broken by the Mth page of an unit cell Fig., i.e., the side face of six-sided prisms as shown in the slash section, the optical resonance side.

[0013] The perspective view of the 1 laser component which starts this invention at drawing 2 is shown, and the sectional view at the time of cutting the laser component of drawing 2 in a direction perpendicular to a stripe electrode to drawing 3 is shown. This laser component shows the structure of a mesa stripe mold. The buffer layer 2 which consists of GaN on C

side of silicon on sapphire 1, n mold contact layer 3 which consists of an Si dope n mold GaN, n mold cladding layer 4 which consists of an Si dope n mold AlGaIn, second n mold cladding layer 5 which consists of an Si dope n mold InGaIn, It has terrorism structure to the double to which the laminating of the barrier layer 6 which consists of a non dope InGaIn, p mold cladding layer 7 which consists of a Mg dope p mold AlGaIn, and the p mold contact layer 8 which consists of a Mg dope p mold GaN was carried out. Furthermore, the stripe-like negative electrode 11 is formed in the front face of p mold contact layer 8 as well as the stripe-like positive electrode 12 and the front face of n mold contact layer 3.

[0014] in order for this laser component to make fundamentally the nitride semi-conductor side which was broken by M side of silicon on sapphire and which counters the optical resonance side and to make this field into a perfect optical resonance side further, this nitride semi-conductor side and silicon on sapphire are covered, and the dielectric multilayers 20 to which it comes to carry out the laminating of SiO₂ and TiO₂ [every ten layers] by turns, respectively are formed. The dielectric multilayers 20 are formed in the front face of the nitride semi-conductor layer which countered, respectively, it is reflected by these dielectric multilayers 20, and luminescence of a barrier layer serves as a perfect optical resonance side. In addition, when sapphire is broken by the Mth page, the optical resonance side of a nitride semi-conductor is [Equation 7] of hexagonal system.

[1 1 2 0]

It becomes a field in many cases.

[0015] A scribe or a dicer can be used as a means to break a wafer. When a scribe is used, a nitride semi-conductor carries out the scribe of the silicon on sapphire of the field by which the laminating was carried out, and the opposite side, but before carrying out a scribe, it is desirable to grind the silicon on sapphire in thickness of 100 micrometers or less still more preferably, and to make it thin 150 micrometers or less. the time of breaking a wafer from the scribe line formed so that it might be divided from M side by grinding a substrate to 150 micrometers or less, and making it thin — a scribe line — straight — being divided — being easy — the broken nitride semi-conductor stratification plane becomes close to an optical resonance side. On the other hand, in breaking by the dicer, after a nitride semi-conductor similarly carries out half cutting of the silicon-on-sapphire side by which a laminating is not carried out, an optical resonance side can be formed by pressing and breaking a wafer. In case a wafer is broken by the half cutting by the dicer, and the scribe, it is in the inclination for a nitride semi-conductor layer to become easy to break perpendicularly to a substrate, and to serve as an optical resonance side, by setting thickness of silicon on sapphire to 150 micrometers or less as mentioned above.

[0016] Next, the end face of the nitride semi-conductor etched almost perpendicularly to the substrate is an optical resonance side, and the laser component of the fourth this invention is characterized by forming dielectric multilayers in this nitride semi-conductor side etched perpendicularly. That is, since only a resonance side with much optical loss can be acquired only by etching, in order this laser component is also the same with the third laser component and to acquire the perfect optical resonance side of optical loss which is not almost, the dielectric multilayers which reflect the wavelength of a barrier layer in the front face of the etching side of a nitride semi-conductor further are formed, and the etching side is made into the perfect optical resonance side.

[0017] Although especially the laser component that makes the etched nitride semi-conductor layer an optical resonance side is not illustrated, even if the field which forms the dielectric multilayers 20 in drawing 2 is an end face of the nitride semi-conductor at the time of etching from a nitride semi-conductor layer side, since it becomes the same Fig., it omits, for example. In addition, when forming an optical resonance side by etching, as for especially the substrate with which the laminating of the nitride semi-conductor is carried out, it is good that it is not sapphire, either, and it cannot be overemphasized that ingredients, such as SiC and ZnO, are sufficient as mentioned above.

[0018] After the optical resonance side of the fourth laser component forms a predetermined mask in the outermost surface of the nitride semi-conductor layer by which the laminating was carried out, it can be formed by etching. As an etching means, although there is a means of both dry etching and wet etching, for etching the end face of a nitride semi-conductor perpendicularly, dry etching is desirable. In dry etching, means, such as reactive ion etching, ion milling, ion beam assistant etching, and focusing ion beam etching, can be used.

[0019] If the concrete structure of a laser component is mentioned, as gain guided wave mold stripe mold laser, an electrode stripe mold, a mesa stripe mold, a hetero isolation mold, etc. can be mentioned. Moreover, in addition to this, an embedding hetero mold, a CSP mold, a rib guide mold, etc. can be mentioned as stripe mold laser with a fixture guided wave device. An electrode with a width of face of several micrometers to about 20 micrometers is usually formed in the laser component of such structures as waveguide at the maximum upper layer (the example of the above-mentioned structure p mold contact layer), and an oscillation is made to cause along with this stripe. It is formed in the optical resonance side for oscillating, for example on the nitride semi-conductor layer front face of a direction perpendicular to this stripe. Moreover, it is also possible to, form the dielectric multilayers described above at least to one side of the optical resonance side of a surface emission-type laser with the laser component of this invention in addition to this, although an optical resonance side is formed into a nitride semi-conductor layer when the laser of a surface-emitting type is produced.

[0020]

[Function] In case a laser component is realized using a semiconductor material without the cleavability of a nitride semi-conductor, it is very important to form the optical resonance side which serves as a reflecting mirror as stated first. Since dielectric multilayers are formed in the optical resonance side of a nitride semi-conductor layer in this invention, it acts as a reflecting mirror in which optical loss was excellent few with dielectric multilayers. Moreover, although the dielectric multilayers mentioned above explain forming in both optical resonance sides, laser oscillation is possible even if it forms in either. For example, dielectric multilayers can be formed in one of the two of an optical resonance side, and the reflecting mirror which already becomes one of the two from a metal thin film can also be formed.

[0021] Furthermore, when the oscillation wavelength of the nitride semiconductor laser is in the field which is 360nm - 460nm, the laser component of a short wavelength field will not be able to be realized without forming the dielectric multilayers to which the laminating of at least two or more kinds of thin films chosen as the optical resonance side from the group which consists of SiO₂, TiO₂, and ZrO₂ was carried out in the world. And since it does not deteriorate even if the long duration exposure of the light of said short wavelength is carried out continuously, and it excels in the still more desirable thing very much to generation of heat of a laser component at thermal resistance, without sticking very well the ingredient of SiO₂, TiO₂, and ZrO₂ with a nitride semi-conductor, and separating, in a room temperature, the continuous oscillation of long duration becomes possible.

[0022] Moreover, in the laser component which carried out the laminating of the nitride semi-conductor to C side of sapphire, unlike the gallium nitride system compound semiconductor, the sapphire single crystal used as a substrate has very good crystallinity, and as shown in drawing 1, it has almost exact hexagonal system. On the other hand, also although a nitride semi-conductor is called hexagonal system, the laminating of it is not necessarily carried out on silicon on sapphire with the crystal form which was in agreement with the substrate. However, if the crystal system of sapphire is stable, by breaking a wafer by the direction of stable sapphire, it will become possible to make it easy to stabilize a nitride semi-conductor and to be divided, and it will change into a condition as if it formed the cleavage plane with the gallium nitride system compound semiconductor. As the slash section of drawing 1 shows especially, since the Mth page of sapphire has another [which surely counters] Mth page, the optical resonance side which counters by breaking a wafer by those Mth page is formed. If dielectric multilayers are further formed in this resonance side, since a perfect reflecting mirror will be made, laser oscillation of the nitride semi-conductor is carried out easily.

[0023] By similarly, forming an end face perpendicular to a nitride semi-conductor layer by etching, and forming dielectric multilayers in the end face, since it is still inadequate as a reflecting mirror also considering the end face as an optical resonance side, since light can be shut up completely, a nitride semi-conductor carries out laser oscillation easily.

[0024]

[Example]

An example 1 is explained using [example 1] drawing 2 and drawing 3. The buffer layer 2 which consists of GaN on silicon on sapphire 1 with a thickness of 350 micrometers First, 200A, n mold cladding layer 4 which consists of 5 micrometers and Si dope n mold aluminum0.3Ga0.7N n mold contact layer 3 which consists of an Si dope n mold GaN 0.1 micrometers, Second n mold cladding layer 5 which consists of Si dope n mold In0.01Ga0.99N 500A, The barrier layer 6 which consists of non dope In0.08Ga0.92N 100A, The wafer into which p mold contact layer 8 which consists of 0.1 micrometers and a Mg dope p mold GaN p mold cladding layer 7 which consists of Mg dope p mold aluminum0.3Ga0.7N was grown up in order by 0.5-micrometer thickness is prepared.

[0025] Next, after forming a mask in the front face of p mold contact layer 7 of this wafer in a predetermined configuration, using RIE (reactive ion etching), a nitride semi-conductor layer is etched and n mold contact layer 3 is exposed. After exposing n mold contact layer 3, the negative electrode 11 which becomes n mold contact layer 3 from Ti/aluminum is formed by width of face of 20 micrometers, and the positive electrode 12 which consists of nickel/Au is formed in p mold contact layer 7 by width of face of 3 micrometers. In addition, the configuration of an electrode is made into a stripe configuration as shown in drawing 2 and drawing 3.

[0026] Next, the field of the direction which does not form the nitride semi-conductor layer of silicon on sapphire 1 is ground to the thickness of 80 micrometers with a grinder. The scribe of the polished surface of silicon on sapphire is carried out with a scribe after polish. it is made for the scribe line of the direction of a scribe which intersects perpendicularly with a stripe electrode to correspond with M side of silicon on sapphire, and another scribe line is made into a direction parallel to a stripe electrode. A wafer is considered as a push rate and a laser chip with a roller after scribe line formation. It has the configuration as shown in drawing 2, the nitride semi-conductor side which broke the wafer and was exposed is made into the optical resonance side, and this laser chip is 420nm in luminescence wavelength.

[0027] Next, after giving a mask to the whole electrode surface of a laser chip, the thin film which consists of SiO₂ is formed in the nitride semi-conductor side exposed with the sputtering system by 75nm, similarly the thin film which consists of ZrO₂ is formed by 48nm on it, and the transparent dielectric multilayers 20 which carried out 10 pair laminating of this pair are formed. Thus, the reflection factor curve of the formed dielectric multilayers is shown in drawing 4. The dielectric multilayers which consist of SiO₂ and ZrO₂ as shown in drawing 4 can reflect the wavelength near 380nm - 450nm 100%.

[0028] Thus, after installing the obtained laser component in the heat sink and carrying out wire bond of each electrode, when laser oscillation was tried at the room temperature, laser oscillation with an oscillation wavelength of 420nm was checked by threshold current density 1.5 kA/cm², and the continuous oscillation of 100 hours or more was shown.

[0029] The wafer which set the presentation of the barrier layer of the laser component of the [example 2] example 1 to In0.15Ga0.95N is prepared. In addition, the luminescence wavelength of this laser component is 460nm. A laser chip is produced like an example 1 after grinding a substrate after that and forming a stripe-like electrode until it breaks a wafer by the Mth page of sapphire.

[0030] Next, ten pairs of thin films which consist of 82nm and TiO₂ the thin film which consists of SiO₂ are formed in the nitride semi-conductor side exposed as well as the example 1 by 38nm thickness. In addition, although especially the reflection factor curve of the thin film which consists of SiO₂ and TiO₂ does not illustrate, the reflection factor of 460nm shows about 100%.

[0031] Thus, after installing the obtained laser component in the heat sink like the example 1 and carrying out wire bond of each electrode, when laser oscillation was tried at the room temperature, laser oscillation with an oscillation wavelength of 460nm was checked by threshold current density 1.5 kA/cm², and, similarly the continuous oscillation of 100 hours or

more was shown.

[0032] After exposing n mold contact layer of the wafer of the [example 3] example 1, a mask is removed and the mask (the electrode of the shape of a stripe formed behind, a perpendicular, and Rhine that becomes parallel have exposed this mask shape.) of a predetermined configuration is further formed in the front face of p mold contact layer. It etches until silicon on sapphire exposes a nitride semi-conductor by SiCl_4 gas using the RIE etching system after mask formation.

[0033] the silicon on sapphire exposed by etching like the point after forming a positive electrode and the negative electrode like an example 1 after etching — a scribe — or dicing is carried out and it separates into a laser chip-like component. The rest forms dielectric multilayers in the nitride semi-conductor side which intersected perpendicularly with the electrode and was exposed like an example 1, and uses them as a laser component. Thus, laser oscillation was carried out at the room temperature, laser oscillation with an oscillation wavelength of 420nm was checked by threshold current density 1.5 kA/cm², and the obtained laser component as well as an example 1 showed the continuous oscillation of 100 hours or more.

[0034]

[Effect of the Invention] Since the laser component of this invention forms in the nitride semi-conductor side used as an optical resonance side the dielectric multilayers which have a reflection factor according to oscillation wavelength as explained above, the laser oscillation of the optical resonance side as a reflecting mirror becomes possible by reflecting the light of a barrier layer about 100% mutually. In laser oscillation with a short wavelength of 360nm – 460nm, the laser oscillation of the short wavelength in a room temperature becomes possible by having formed dielectric multilayers in a nitride semi-conductor called SiO_2 , TiO_2 , and ZrO_2 with the suitable ingredient. Thus, by having realized the laser component of a short wavelength region, as the light source for writing, and the light source of a compact disk, recording density improves by leaps and bounds, and the utility value on the industry has it. [very large]

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The unit cell Fig. showing field bearing of a sapphire single crystal.

[Drawing 2] The perspective view showing the configuration of the laser component concerning one example of this invention.

[Drawing 3] The type section Fig. showing the structure of the laser component of drawing 2 .

[Drawing 4] Drawing showing the reflection factor curve of the dielectric multilayers formed in the optical resonance side of the 1 laser component of this invention.

[Description of Notations]

- 1 Silicon on sapphire
- 2 Buffer layer
- 3 n mold contact layer
- 4 n mold cladding layer
- 5 Second n mold cladding layer
- 6 Barrier layer
- 7 p mold cladding layer
- 8 p mold contact layer
- 11 ... Negative electrode
- 12 ... Positive electrode
- 20 ... Dielectric multilayers

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-191171

(43) 公開日 平成8年(1996)7月23日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平7-3033

(22) 出願日

平成7年(1995)1月12日

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 妹尾 雅之

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 山田 孝夫

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 中村 修二

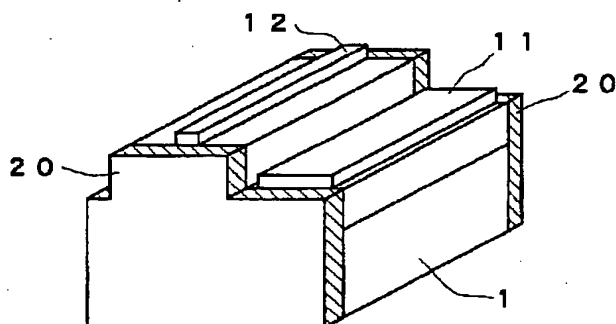
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体レーザ素子

(57) 【要約】

【目的】 窒化物半導体を用いてレーザ素子を実現するにあたり、まず反射鏡となる適切な光共振面を形成することにより、レーザ発振が可能となるレーザ素子を提供する。

【構成】 基板上に窒化物半導体 ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x$, $0 \leq y$, $x+y \leq 1$) が積層されてなるレーザ素子であって、そのレーザ素子の光共振面の少なくとも一方に誘電体多層膜が形成されていることにより、光共振面の反射率を高めレーザ発振させる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に窒化物半導体 ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x$, $0 \leq y$, $x+y \leq 1$) が積層されてなるレーザ素子であって、そのレーザ素子の光共振面の少なくとも一方に誘電体多層膜が形成されていることを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記レーザ素子の発光波長が360nm～460nmの範囲にあり、さらに光共振面に形成された前記誘電体多層膜が SiO_2 、 TiO_2 、 ZrO_2 よりなる群から選択された少なくとも二種類以上の薄膜を積層した多層膜であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記窒化物半導体はサファイア基板の[0001]面の表面に積層されてなり、さらに前記光共振面はそのサファイア基板が

【数1】

[1100]

【数2】

[1010]

【数3】

[0110]

【数4】

[1100]

【数5】

[1010]

【数6】

[0110]

面の内のいずれかの面方位で割られた窒化物半導体面であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項4】 前記光共振面は、基板に対してほぼ垂直にエッチングされた窒化物半導体の端面であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は窒化物半導体 ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x$, $0 \leq y$, $x+y \leq 1$) よりなるレーザ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 窒化物半導体はバンドギャップが1.95eV～6.0eVまであり、直接遷移型の材料であるので、紫外～赤色までの半導体レーザ素子の材料として従来より注目されていた。最近、窒化物半導体でダブルヘテロ構造の青色LEDが実用化されたことにより、次なる目標として窒化物半導体を用いた青色レーザ素子の研究が活発に行われるようになった。

【0003】 レーザ素子では半導体層に光共振面を形成する必要がある。従来のGaAs系の化合物半導体よりなる赤外域に発振する半導体レーザは結晶の性質上、劈

2

開性を有しており、その劈開面がレーザ素子の光共振面とされている。

【0004】 一方、窒化物半導体は六方晶系という結晶の性質上劈開性を有していない。従って、窒化物半導体でレーザ素子を作製する場合、劈開面を反射鏡として光共振面ができないのでレーザ発振まで至らなかった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 現在、紫外～緑色の短波長半導体レーザはZnSe系半導体でしか確認されておらず、その半導体レーザは現在のところ寿命が数分しかない。一方、窒化物半導体は前記のようにダブルヘテロ構造のLEDまで実現されており、この構造を用いればZnSeと比較してレーザが早期に実現できる可能性が高い。従って本発明はこのような事情を鑑みてなされたものであって、その目的とするところは窒化物半導体を用いてレーザ素子を実現するにあたり、まず反射鏡となる適切な光共振面を形成することにより、レーザ発振が可能となるレーザ素子を提供することにある。

【0006】

20 【課題を解決するための手段】 我々は窒化物半導体レーザ素子を実現するにあたり、従来では十分な反射率が得られなかった窒化物半導体層の光共振面に、さらに誘電体多層膜を形成して反射率を高めることにより、窒化物半導体層にレーザ発振が起こり得ることを新規に見だし本発明を成すに至った。即ち、本発明の窒化物半導体レーザ素子は、基板上に窒化物半導体 ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x$, $0 \leq y$, $x+y \leq 1$) が積層されてなるレーザ素子であって、そのレーザ素子の光共振面の少なくとも一方に誘電体多層膜が形成されていることを特徴とする。

30 【0007】 誘電体多層膜は基本的に互いに反射率の異なる無機材料を交互に積層してなり、例えば $\lambda/4n$ (λ : 波長, n : 屈折率) の厚さで交互に積層することにより反射率を変化させることができる。誘電体多層膜の各薄膜の種類、厚さ等は発振させようとするレーザ素子の波長に応じてそれらの無機材料を適宜選択することにより設計可能である。例えばその無機材料には、高屈折率側の薄膜材料として TiO_2 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 Sc_2O_3 、 Y_2O_3 、 MgO 、 Al_2O_3 、 Si_3N_4 、 ThO_2 の内の少なくとも一種類が選択でき、低屈折率側の薄膜材料として SiO_2 、 ThF_4 、 LaF_3 、 MgF_2 、 LiF 、 NaF 、 Na_3AlF_6 の内の少なくとも一種類が選択でき、これら高屈折率側の薄膜材料と、低屈折率側の薄膜材料とを適宜組み合わせ、発振する波長に応じて数十オングストローム～数 μm の厚さで数層～数十層積層することにより誘電体多層膜を形成することができる。

40 【0008】 次に本発明の第二は、基板上に窒化物半導体が積層されてなるレーザ素子の発光波長が360nm～460nmの範囲にあり、さらに光共振面に形成され

3

た前記誘電体多層膜が SiO_2 、 TiO_2 、 ZrO_2 よりなる群から選択された少なくとも二種類以上の薄膜を積層した多層膜であることを特徴とする。つまり、窒化物半導体で $360\text{nm} \sim 460\text{nm}$ に発振するレーザ素子を実現した場合、その光共振面に形成する誘電体多層膜は、特に SiO_2 、 TiO_2 、 ZrO_2 より選択された少なくとも二種類以上が最も適している。なぜなら前記3種類の酸化物は $360\text{nm} \sim 460\text{nm}$ の範囲で光吸収が少なく、窒化物半導体と非常に良く密着して剥がれることもない。さらに前記波長の光が連続的に長時間照射されても劣化することがなく、さらに好ましいことにレーザ素子の発熱に対して非常に耐熱性に優れているからである。

【0009】誘電体多層膜は例えば、蒸着、スパッタ等の気相製膜技術を用いて形成することができる。またその他、上記化合物を含む溶媒にレーザ素子を浸漬（ディッピング）した後、乾燥するという操作を繰り返して形成することも可能である。例えば SiO_2 と ZrO_2 よりなる誘電体多層膜を形成する場合、 SiO_2 、 ZrO_2 を蒸着、スパッタ等の気相製膜技術で形成する他、 Si を含む有機金属化合物の溶媒にレーザ素子を浸漬した後、乾燥し、酸素雰囲気中でベーキングして酸化物とし、次に Zr を含む有機金属化合物の溶媒にレーザ素子を浸漬し、乾燥した後、ベーキングして酸化物とする操作を繰り返すことにより誘電体多層膜を製膜可能である。但し好ましく膜厚制御の面で気相製膜技術を用いる方がよい。

【0010】基板の上に積層する窒化物半導体構造はダブルヘテロ構造であればよく、例えば基板上に、 n 型コンタクト層、 n 型クラッド層、活性層、 p 型クラッド層、 p 型コンタクト層を順に積層した構造で実現可能である。基板にはサファイア（ C 面、 A 面、 R 面も含む。）、 SiC （ $4H$ 、 $6H$ も含む。）、 ZnO 、 GaAs 、 Si 等が使用でき、好ましくはサファイアあるいは SiC を用いる。 n 型コンタクト層としては GaN 、 AlGaIn 等の二元混晶、または三元混晶の半導体層が結晶性の良いものが得られる。特に GaN とすると電極材料と好ましいオーミックが得られる。但し、 n 型とするには半導体層に Si 、 Ge 、 S 等のドナー不純物をドーピングする。次の n 型クラッド層は活性層よりもバンドギャップが大きい窒化物半導体であればよく、例えば AlGaIn が好ましい。次の活性層はノンドープの n 型 InGaIn とすると、およそ $635\text{nm} \sim 365\text{nm}$ 付近のバンド間発光が得られる。好ましくはインジウムのモル比をガリウムに対して半分以下にした n 型 InGaIn が結晶性が良く、レーザ素子の寿命が長い。次の p 型クラッド層は n 型クラッド層と同じく活性層よりもバンドギャップの大きい窒化物半導体であればよく、例えば AlGaIn が好ましい。また p 型とするには Zn 、 Mg 、 C 等のII族元素、 C （カーボン）等より構成されるアク

4

セプター不純物を半導体層にドーピングする。またドーピング後、さらに低抵抗な p 型にする目的で 400°C 以上でアニリングを行っても良い。次の p 型コンタクト層は n 型コンタクト層と同じく GaIn 、 AlGaIn 等の二元混晶、または三元混晶の半導体層が結晶性の良いものが得られる。特に GaIn とすると電極材料と好ましいオーミックが得られる。さらに前記レーザ素子の構造において、活性層を数十オングストロームの膜厚で3層以上積層した多層膜、つまり多重量子井戸構造としてもよい。さらにまた各窒化物半導体層の界面を格子整合させるため、各層のIII族元素のモル比を調整して四元混晶（ InAlGaIn ）の窒化物半導体とすることもできるが、一般的には三元混晶、二元混晶の方が結晶性に優れている。特に好ましくは、活性層の膜厚を 300 オングストロームよりも薄くすると共に、その活性層と n 型クラッド層との間、および/または前記活性層と p 型クラッド層との間に、活性層よりもバンドギャップが大きい n 型または p 型の InGaIn 層を挟むことにより、活性層とクラッド層との界面からくる歪で、活性層を弾性的に変形するようにすると、歪量子井戸構造のレーザ素子が実現されるので、さらにレーザ発振が容易となる。

【0011】次に本発明の第三と第四について説明する。前記のように窒化物半導体層は劈開性を有していないので、劈開面を光共振面とすることは困難である。しかしながら、劈開面に近いような状態、つまり基板面に対し垂直で、鏡面に近い面を形成することにより、光共振面に近い状態とすることは可能である。その一つとして、第三の本発明のレーザ素子は、窒化物半導体がサファイア基板の【0001】面（以下、 C 面という。）の表面に積層されてなり、さらに前記光共振面は、そのサファイア基板が数1、数2、数3、数4、数5、数6面（以下、数1面～数6面をまとめて M 面という。）の内のいずれかの面方位で割られた窒化物半導体面であり、その共振面に誘電体多層膜が形成されていることを特徴とする。つまり、サファイア基板の表面にレーザ素子の構造となるように積層された窒化物半導体ウェーハを基板の特定の面方位で割ることにより、できるだけ劈開面に近いような光共振面を得る。サファイアと共に割られた窒化物半導体面は完全な劈開面ではないので光損失が多い。そこでその窒化物半導体面を光損失のほとんどない完全な光共振面とするため、さらに誘電体多層膜を形成したものである。

【0012】図1にサファイア単結晶の面方位を表すユニットセル図を示す。本発明のレーザ素子を構成する窒化物半導体は、このユニットセル図に示すようなサファイア基板の C 面に積層されて、 C 軸方向に配向されている。また、サファイア基板の C 面とは【0001】面に完全に一致していることはいうまでもなく、【0001】面よりおよそ $\pm 10^\circ$ 以内の範囲でオフ角を有する C 面であっても本発明の範囲に含まれるものとする。第

5

3の本発明のレーザ素子はユニットセル図のM面、つまり、斜線部に示すような六角柱の側面でサファイアを割った際にできる窒化物半導体層の分割面を光共振面としている。

【0013】図2に本発明に係るレーザ素子の斜視図を示し、図3に図2のレーザ素子をストライプ電極に垂直な方向で切断した際の断面図を示す。このレーザ素子はメサストライプ型の構造を示しており、サファイア基板1のC面上にGa_{0.4}N_{0.6}よりなるバッファ層2、Siドープn型Ga_{0.4}N_{0.6}よりなるn型コンタクト層3、Siドープn型AlGa_{0.4}N_{0.6}よりなるn型クラッド層4、Siドープn型InGa_{0.4}N_{0.6}よりなる第二のn型クラッド層5、ノンドープInGa_{0.4}N_{0.6}よりなる活性層6、Mgドープp型AlGa_{0.4}N_{0.6}よりなるp型クラッド層7、Mgドープp型Ga_{0.4}N_{0.6}よりなるp型コンタクト層8とが積層されたダブルヘテロ構造を有している。さらにp型コンタクト層8の表面にストライプ状の正電極12と、n型コンタクト層3の表面に同じくストライプ状の負電極11が形成されている。

【0014】このレーザ素子はサファイア基板のM面で割られた対向する窒化物半導体面を基本的には光共振面としており、さらにこの面を完全な光共振面とするために、この窒化物半導体面とサファイア基板とに互って、SiO₂とTiO₂とがそれぞれ10層ずつ交互に積層されてなる誘電体多層膜20が形成されている。誘電体多層膜20は対向した窒化物半導体層の表面にそれぞれ形成されており、活性層の発光はこの誘電体多層膜20で反射されて完全な光共振面となる。なお、サファイアをM面で割った場合、窒化物半導体の光共振面は六方晶系の

【数7】

【1120】

面となることが多い。

【0015】ウェーハを割る手段として例えばスクライパー、またはダイサーを用いることができる。スクライパーを用いた場合、窒化物半導体が積層された面と反対側のサファイア基板をスクライブするのであるが、スクライブする前にそのサファイア基板を150μm以下、さらに好ましくは100μm以下の厚さに研磨して薄くすることが望ましい。基板を150μm以下に研磨して薄くすることにより、M面から割れるように形成したスクライブラインからウェーハを割る際に、スクライブラインより真っ直ぐに割れ易くなり、割れた窒化物半導体層面が光共振面に近くなる。一方、ダイサーで割る場合には、同じく窒化物半導体が積層されていないサファイア基板側をハーフカットした後、ウェーハを押し割ることにより光共振面を形成できる。ダイサーによるハーフカット、スクライパーでウェーハを割る際には前記のようにサファイア基板の厚さを150μm以下にすることにより、窒化物半導体層が基板に対して垂直に割れやす

6

くなり、光共振面となる傾向にある。

【0016】次に第四の本発明のレーザ素子は、基板に対してほぼ垂直にエッチングされた窒化物半導体の端面が光共振面であり、この垂直にエッチングされた窒化物半導体面に誘電体多層膜が形成されていることを特徴とする。つまりこのレーザ素子も第三のレーザ素子と同じく、エッチングのみでは光損失の多い共振面しか得ることができないので、光損失のほとんどない完全な光共振面を得るため、さらに窒化物半導体のエッチング面の表面に活性層の波長を反射する誘電体多層膜を形成して、エッチング面を完全な光共振面としているのである。

【0017】エッチングされた窒化物半導体層を光共振面とするレーザ素子は特に図示しないが、例えば図2において、誘電体多層膜20を形成している面が、窒化物半導体層側からエッチングした際のその窒化物半導体の端面であっても、同一図となるので省略する。なおエッチングで光共振面を形成する場合、窒化物半導体が積層される基板は特にサファイアでなくでもよく、前記のようにSiC、ZnO等の材料でもよいことはいうまでもない。

【0018】第四のレーザ素子の光共振面は、積層された窒化物半導体層の最表面に所定のマスクを形成した後、エッチングすることで形成可能である。エッチング手段としては、ドライエッチング、ウェットエッチング両方の手段があるが、窒化物半導体の端面を垂直にエッチングするにはドライエッチングが好ましい。ドライエッチングでは例えば、反応性イオンエッチング、イオンミリング、イオンビームアシストエッチング、集束イオンビームエッチング等の手段を用いることができる。

【0019】レーザ素子の具体的な構造を挙げると、利得導波型ストライプ型レーザとしては、電極ストライプ型、メサストライプ型、ヘテロアイソレーション型等を挙げることができる。またその他、作りつけ導波機構をもつストライプ型レーザとして、埋め込みヘテロ型、CSP型、リブガイド型等を挙げることができる。これらの構造のレーザ素子に導波路として通常数μmから20μm程度の幅の電極を最上層（上記構造の例ではp型コンタクト層）に形成し、このストライプに沿って発振を起こさせる。発振するための光共振面には、例えばこのストライプに垂直な方向の窒化物半導体層表面に形成される。またこの他、面発光型のレーザを作製した場合、光共振面は窒化物半導体層中に形成されるが、本発明のレーザ素子では、面発光レーザの光共振面の少なくとも一方に前記した誘電体多層膜を形成することも可能である。

【0020】

【作用】窒化物半導体という劈開性のない半導体材料を用いてレーザ素子を実現する際、最初に述べたように反射鏡となる光共振面を形成することが非常に重要である。本発明では窒化物半導体層の光共振面に誘電体多層

膜が形成されているので、誘電体多層膜により光損失が少なく優れた反射鏡として作用する。また前述した誘電体多層膜は光共振面の両方に形成することについて説明しているが、いずれか一方に形成しても、レーザ発振は可能である。例えば、光共振面の片方に誘電体多層膜を形成し、もう片方に金属薄膜よりなる反射鏡を形成することもできる。

【0021】さらに、その窒化物半導体レーザの発振波長が360nm~460nmの領域にある場合、光共振面にSiO₂、TiO₂、ZrO₂よりなる群から選択された少なくとも二種類以上の薄膜が積層された誘電体多層膜を形成することにより、世界で初めて短波長領域のレーザ素子の実現できる。しかも、SiO₂、TiO₂、ZrO₂の材料は窒化物半導体と非常に良く密着して剥がれることもなく、前記短波長の光が連続的に長時間照射されても劣化することがなく、さらに好ましいことにレーザ素子の発熱に対して非常に耐熱性に優れているので、室温において長時間の連続発振可能となる。

【0022】また、サファイアのC面に窒化物半導体を積層したレーザ素子において、基板となるサファイア単結晶は窒化ガリウム系化合物半導体と異なり結晶性が非常に良く、図1に示すようにほぼ正確な六方晶系を有している。一方、窒化物半導体は六方晶系といえどもサファイア基板の上に必ずしも基板と一致した結晶形で積層されるわけではない。しかしサファイアの結晶系が安定しているならば、安定したサファイアの方でウェーハを割ってやることにより、窒化物半導体を安定して割れやすくすることが可能となり、あたかも窒化ガリウム系化合物半導体で劈開面を形成したかのような状態にできるのである。特に、図1の斜線部で示すようにサファイアのM面は必ず対向するもう一方のM面を有しているため、それらのM面でウェーハを割ることによって対向する光共振面が形成される。この共振面にさらに誘電体多層膜が形成されると、完全な反射鏡ができるので窒化物半導体は容易にレーザ発振する。

【0023】同様に、エッチングにより窒化物半導体層に垂直な端面を形成し、その端面を光共振面としても、反射鏡としては未だ不十分であるので、その端面に誘電体多層膜を形成しすることにより、光を完全に閉じこめられるので窒化物半導体が容易にレーザ発振する。

【0024】

【実施例】

【実施例1】図2および図3を用いて実施例1を説明する。まず、厚さ350μmのサファイア基板1上に、Ga_{0.3}Al_{0.7}Nよりなるバッファ層2を2000Å、Siドープn型Ga_{0.3}Al_{0.7}Nよりなるn型コンタクト層3を5μm、Siドープn型Al_{0.3}Ga_{0.7}Nよりなるn型クラッド層4を0.1μm、Siドープn型In_{0.01}Ga_{0.99}Nよりなる第二のn型クラッド層5を5000Å、ノドープIn_{0.08}Ga_{0.92}Nよりなる活

性層6を1000Å、Mgドープp型Al_{0.3}Ga_{0.7}Nよりなるp型クラッド層7を0.1μm、Mgドープp型Ga_{0.3}Al_{0.7}Nよりなるp型コンタクト層8を0.5μmの膜厚で順に成長させたウェーハを用意する。

【0025】次に、このウェーハのp型コンタクト層7の表面に所定の形状でマスクを形成した後、RIE（反応性イオンエッチング）を用いて、窒化物半導体層をエッチングし、n型コンタクト層3を露出させる。n型コンタクト層3を露出させた後、n型コンタクト層3にはTi/AIよりなる負電極11を20μmの幅で形成し、p型コンタクト層7にはNi/Auよりなる正電極12を3μmの幅で形成する。なお電極の形状は図2、図3に示すようなストライプ形状とする。

【0026】次に、サファイア基板1の窒化物半導体層を形成していない方の面を研磨機で80μmの厚さまで研磨する。研磨後、サファイア基板の研磨面をスクライバーでスクライプする。スクライプ方向はストライプ電極と直交するスクライプラインがサファイア基板のM面と一致するようにし、もう一方のスクライプラインはストライプ電極と平行な方向とする。スクライプライン形成後、ウェーハをローラで押し割り、レーザチップとする。このレーザチップは図2に示すような形状を有しており、ウェーハを割って露出した窒化物半導体面が光共振面とされており、発光波長420nmである。

【0027】次にレーザチップの電極面全体にマスクを施したのち、スパッタ装置で露出した窒化物半導体面にSiO₂よりなる薄膜を75nmで形成し、その上にZrO₂よりなる薄膜を同じく48nmで形成し、このペアを10ペア積層した透明な誘電体多層膜20を形成する。このようにして形成された誘電体多層膜の反射率曲線を図4に示す。図4に示すようにSiO₂とZrO₂よりなる誘電体多層膜は380nm~450nm付近の波長を100%反射できる。

【0028】このようにして得られたレーザ素子をヒートシンクに設置し、それぞれの電極をワイヤーボンドした後、室温でレーザ発振を試みたところ、しきい値電流密度1.5kA/cm²で発振波長420nmのレーザ発振が確認され、100時間以上の連続発振を示した。

【0029】【実施例2】実施例1のレーザ素子の活性層の組成をIn_{0.15}Ga_{0.85}Nとしたウェーハを用意する。なおこのレーザ素子の発光波長は460nmである。その後基板を研磨してストライプ状の電極を形成した後、ウェーハをサファイアのM面で割る迄は実施例1と同様にしてレーザチップを作製する。

【0030】次に実施例1と同じく露出した窒化物半導体面にSiO₂よりなる薄膜を82nm、TiO₂よりなる薄膜を38nmの膜厚で10ペア形成する。なおSiO₂とTiO₂よりなる薄膜の反射率曲線は特に図示しないが、460nmの反射率はほぼ100%を示してい

9

る。

【0031】このようにして得られたレーザ素子を実施例1と同様にヒートシンクに設置し、それぞれの電極をワイヤーボンドした後、室温でレーザ発振を試みたところ、しきい値電流密度 1.5 kA/cm^2 で発振波長 460 nm のレーザ発振が確認され、同じく 100 時間以上の連続発振を示した。

【0032】【実施例3】実施例1のウェーハのn型コンタクト層を露出させた後、マスクを除去し、さらにp型コンタクト層の表面に所定の形状のマスク（このマスク形状は後に形成するストライプ状の電極と垂直、および平行となるようなラインが露出している。）を形成する。マスク形成後RIEエッチング装置を用い SiCl_4 ガスで窒化物半導体をサファイア基板が露出するまでエッチングする。

【0033】エッチング後、実施例1と同様にして正電極、負電極を形成した後、先ほどのエッチングにより露出したサファイア基板をスクライブまたは、ダイシングしてチップ状のレーザ素子に分離する。後は実施例1と同様にして、電極と直交して露出した窒化物半導体面に誘電体多層膜を形成してレーザ素子とする。このようにして得られたレーザ素子も実施例1と同じく、室温でレーザ発振し、しきい値電流密度 1.5 kA/cm^2 で発振波長 420 nm のレーザ発振が確認され、 100 時間以上の連続発振を示した。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のレーザ素子は光共振面となる窒化物半導体面に発振波長に応じた反射率を有する誘電体多層膜を形成しているの、反射

10

鏡としての光共振面が活性層の光を互いにほぼ 100% 反射することにより、レーザ発振が可能となる。 $360 \text{ nm} \sim 460 \text{ nm}$ の短波長のレーザ発振において、 SiO_2 、 TiO_2 、 ZrO_2 という窒化物半導体にふさわしい材料で誘電体多層膜を形成したことによって室温での短波長のレーザ発振が可能となる。このように短波長域のレーザ素子が実現されたことにより、書き込み光源、コンパクトディスクの光源として記録密度が飛躍的に向上し、その産業上の利用価値は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 サファイア単結晶の面方位を表すユニットセル図。

【図2】 本発明の一実施例に係るレーザ素子の形状を示す斜視図。

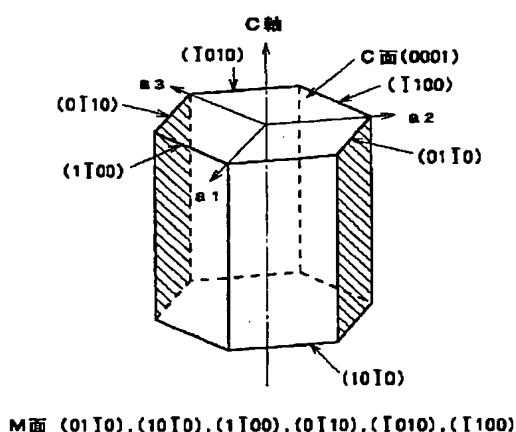
【図3】 図2のレーザ素子の構造を示す模式断面図。

【図4】 本発明の一レーザ素子の光共振面に形成された誘電体多層膜の反射率曲線を示す図。

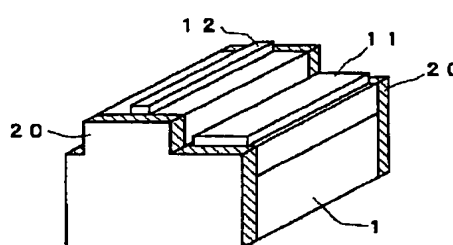
【符号の説明】

- 1・・・サファイア基板
- 2・・・バッファ層
- 3・・・n型コンタクト層
- 4・・・n型クラッド層
- 5・・・第二のn型クラッド層
- 6・・・活性層
- 7・・・p型クラッド層
- 8・・・p型コンタクト層
- 11・・・負電極
- 12・・・正電極
- 20・・・誘電体多層膜

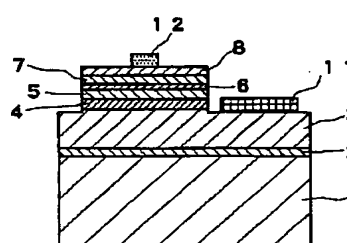
【図1】



【図2】



【図3】



(7)

特開平8-191171

【図4】

